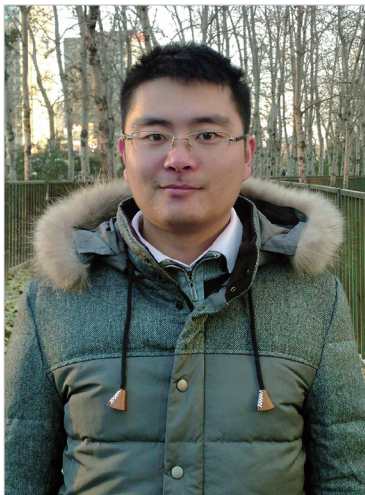


飞机复合材料构件工程 数据库设计与实现*

Design and Research of Engineering Database for Aircraft Composites Component

北京航空航天大学机械工程及自动化学院 张如意 杜福洲
中航工业哈尔滨飞机工业集团有限公司 王庆有



张如意

硕士研究生,北京航空航天大学机械工程及自动化学院,主要研究方向为企业信息化。

复合材料因比强度高、比模量高、可设计性强、抗疲劳断裂性能好、耐腐蚀等优点而广泛应用于航空航天等领域。在对重量有苛刻要求的飞机上,先进复合材料的应用对飞机结构轻质化、小型化和高性能化起着至关重要的作用。因而无论是军机还是民机复合材料的用量都呈增长趋势。随着复合材料在飞机上应

本文研究了面向复合材料典型构件工程设计、制造、检测、试验及维修等研制过程的复合材料构件工程数据库的构建技术和方法,构建了复合材料构件工程数据存储、访问和处理的统一服务平台,并基于B/S架构完成了复合材料构件工程数据库原型系统的开发。

用比例的不断加大,先进的数字化设计制造技术和计算机辅助分析技术等复合材料的制造领域得到了广泛应用。铺层、下料、浸渍、成型、固化等工序的模型化模拟技术和CAD/CAM/CAE技术的运用,大大降低了开发制造成本,提高了开发和制造效率^[1]。

在航空复合材料构件的设计、制造、检测等过程中,数字化技术的应用取得了一定的成果,但尚未实现复合材料的设计、分析、制造、试验验证的一体化^[2-3]。为提高我国航空复合材料的应用水平,其重要前提是建立相应的数据体系,建立打通材料、设计、分析、制造、检测、试验验证的一体化和信息共享的集成平台。

本文研究了面向复合材料典型构件工程设计、制造、检测、试验及维修等研制过程的复合材料构件工程

数据库的构建技术和方法,构建了复合材料构件工程数据存储、访问和处理的统一服务平台,并基于B/S架构完成了复合材料构件工程数据库原型系统的开发。

复合材料构件工程数据库

如图1所示复合材料构件工程数据库体系框架以复合材料构件设计、制造、检测与试验3个数据库为核心,以数据模型层和系统基础功能管理为基础,提供数据检索、数据分析以及数据输出的操作平台,向外实现与产品结构数据管理(PDM)、试验数据管理(TDM)、仿真数据管理(SDM)等系统的集成。

1 复合材料构件工程数据模型

复合材料构件工程数据模型提供了复合材料构件工程数据库体系框架的基础,其中领域知识模型以本

* 国防基础科研项目(A0520110033)资助。

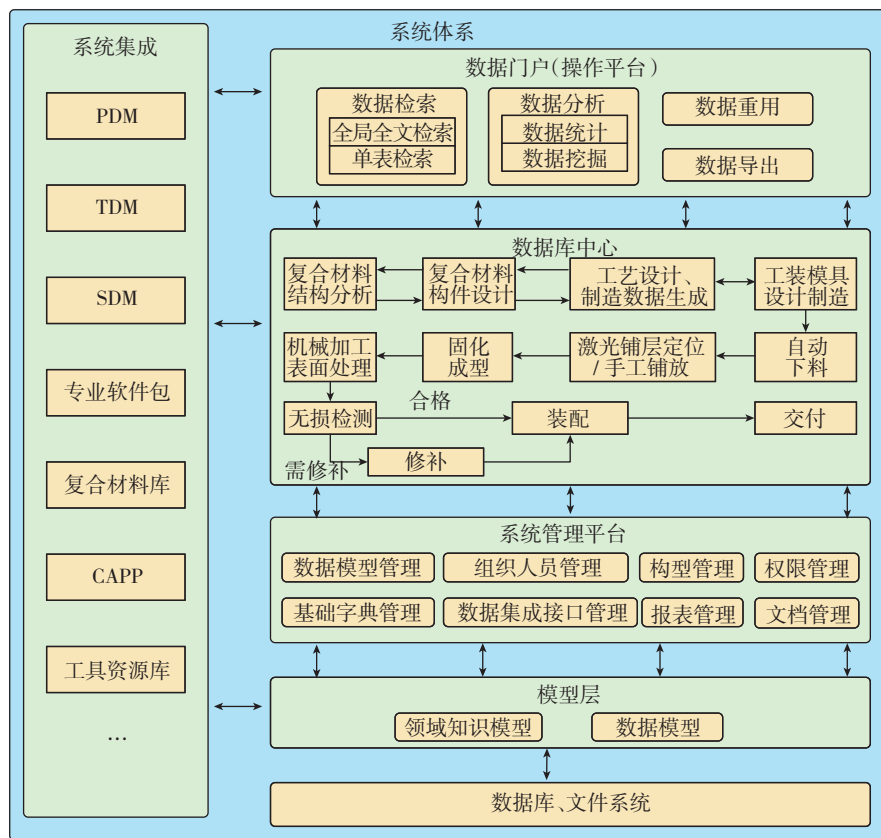


图1 复合材料构件工程数据库体系框架

体论为基础,构建复合材料构件工程领域的知识模型,提供了对复合材料构件工程领域共同理解、数据检索与重用的基础;数据模型是对工程数据类型的封装,主要分为基础数据模型、基本数据模型和扩展数据模型,其中:基础数据类型主要包含:整型、实型、文本型、日期、文件等,基本数据类型建立于基础数据类型之上同时包含相关数据量纲的信息,如强度、刚度等,扩展数据类型包含多个基本数据类型,如材料工程常数等。

2 复合材料构件工程数据库中心

复合材料构件工程数据库中心以设计数据库、制造数据库和检测与试验数据库为基础,涵盖复合材料构件分析、设计、材料、工艺、制造、检测与试验等过程的数据与知识。

设计数据库存储和管理复合材料构件设计相关知识和经验,其来源主要有:书本知识(如标准规范、设计手册等)、专家经验知识等,按照复

合材料构件设计的一般过程,分别建立复合材料飞机结构设计基础知识子库、构件设计知识子库、典型结构与细节设计知识子库、以及部件设计知识子库,管理结构化和半结构化的数据。

制造数据库中存储和管理各主要材料和辅助材料标准与规范、制造工艺设备信息、工夹具信息、成型工艺信息、零部件加工与装配技术信息、结构/胶接零部件表面处理工艺信息以及构件制造数据等。

检测与试验数据库中存储和管理无损检测基本知识、无损检测数据、复合材料性能试验知识以及复合材料性能试验数据等。

3 复合材料构件工程数据共享与重用

数据操作平台提供一个统一的对各数据子库的访问入口,所有数据子库都需要通过操作平台进行统一的展现和处理。复合材料构件工程数据库数据操作平台是数据共享

与重用的入口,通过安全权限访问校验的用户可以对数据库中心的数据进行处理,如数据检索(单表个性化定制检索、全局全文检索)、数据分析(数据统计、数据挖掘等)、数据导出(报表、Excel 导出、Pdf 导出、Word 导出等)及数据集成操作等。

飞机复合材料构件工程数据库系统实现关键技术

1 飞机复合材料构件工程领域知识库的构建

复合材料构件工程领域涉及到复合材料及其构件的设计、制造、检测以及试验验证等子领域,基于本体的知识建模思想和叙词表构建方法构建的复合材料构件工程领域知识库中知识更加规范、清晰,更能获得对复合材料构件工程领域的共同理解。

Knowledge={Class, Relation, Instance},即将领域知识分为3部分:类/概念,关系,实例^[4]。其中,类/概念(Class)是对知识的抽象,是实例的共有性质,类/概念具有属性,相当于面向对象中类的概念;关系(Relation)刻画了两个类/概念之间的二元关联,如等级关系(Hierarchical)、等同关系(Equivalence)、相关关系(Associative);实例(Instance)是类/概念的具体个体,相当于面向对象中对象的概念,实例既包括类/概念的属性实例化信息,也包括关系的实例化信息。

如图2所示为领域知识库中知识组织的示例,其中属性项分为基本属性和可配置属性,基本属性包括英文名称、编号/牌号及注释等基本信息,相当于面向对象中基本构造方法中的基本属性,而可配置属性则是该词汇的其他可以配置的属性(如生产厂商、用途、使用温度等),S(属)和F(分)分别是等级关系的上位关系和下位关系,而D(代)和Y(用)分别表示等同关系的一对描述,C(参)表示相关关系。

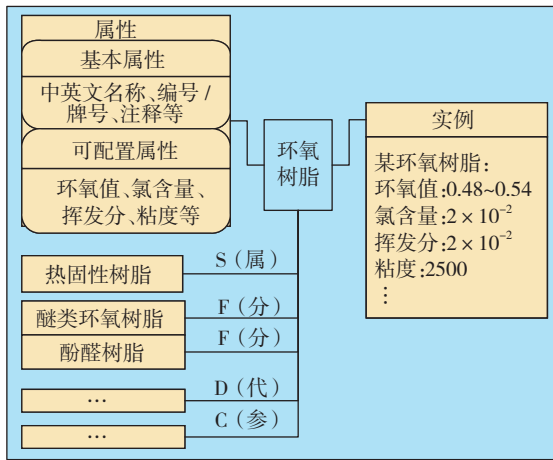


图2 知识组织示例

2 基于构型的复合材料构件工程数据抽取

复合材料构件工程数据来源于复合材料构件设计、制造、检测、试验验证等过程,并且这些数据位于构型的不同层次上,如在构型的型号层次上,主要包含通用生产说明书、典型工艺规程、检测规程、质量控制规范等型号下通用信息,在批次层次上有各型号各批次国内外材料入厂复验数据和试验验证数据等,在具体构件层次上有数学模型、构件表述、铺层信息、材料信息、工艺要求、检测要求、验收技术条件、修理规范等设计信息,工装数学模型、工艺指令、流程卡、关键工序等制造信息以及无损检测信息等。

基于构型的复合材料构件工程数据抽取是以产品结构为数据的组织框架,以型号及产品标识(型号、批次、产品名称及编号等)为线索,提供不同粒度和层面的信息。按层次遍历以抽取该层次下的所有数据,如型号对应的通用生产说明书等,按深度递归遍历以产品构件标识信息为线索可以钻取各层次所需的汇总、总结数据,如各型号所需材料信息汇总等。

3 飞机复合材料构件工程数据全文检索

存储于数据库或其他介质中的数据与知识是为了更好的被利用,系

统中提供了统一的全局全文检索查询接口,将用户从大量的查阅工作中解放出来而专注于所关注的知识。

由于复合材料构件工程数据结构不同,分散于不同的数据表中且字段不一,利用传统的基于SQL的检索方法很难从这些结构各异的数据结构中提取信息,实现全局检索。文中采用基于

Hibernate Search 的全文搜索程序库,构建复合材料构件工程数据全局全文检索查询领域模型。

复合材料构件工程数据全局全文检索查询主要包括两个过程:建立索引(Indexing)和执行查询(Searching)。建立索引时,系统根据分词算法将数据库中的内容重新组织后以一定的结构重新存储于索引库中,这种改变存储方式的倒排索引方式,可以大大提高检索效率和查询速度;执行查询时,系统根据分词算法将用户的输入请求切分重新组织后匹配索引库,找到命中记录,从数据库中读取对应的数据。

在这两个过程中分词直接影响到索引和查询的准确性,因而需要加载复合材料构件工程领域词库以确保分词时更贴合复合材料构件工程领域。领域词库是知识库的一部分,是某一领域的概念、定义及术语等的集合,是对一个领域进行理解与研究的基础。在搜索领域,加载领域词库是为了使检索更符合领域特点,增加了搜索的准确性和用户期望。

系统实现

飞机复合材料构件工程数据库原型系统采用B/S架构,引入SSH框架。系统采用Oracle数据库存储和管理持久化数据;在集成层引入hibernate框架和hibernate search全

文检索程序库;在业务逻辑层引入Spring和CXF框架, Spring的IOC(控制反转)技术和AOP(面向切面编程)技术使得所有功能模块在最大程度上实现松散耦合,而基于WebService的CXF服务框架可以方便地与Spring进行整合实现服务的暴露和系统的集成;引入建立在Servlet和JSP技术基础上的Web Application表示层的Struts2框架,其MVC(模型-视图-控制器)设计模式使得表示层中的视图和表示逻辑较好地分离、业务逻辑更加清晰;采用XML与JSON等数据交换格式与技术,实现的组件具有良好的稳定性和可伸缩性;客户层通过网页浏览器将操作界面呈现给用户、建立与服务器的连接、接收并验证用户的输入、管理客户端与服务器的会话状态。

结束语

本文针对飞机复合材料构件设计、制造、检测、试验验证等过程一体化和数据共享与重用的需求展开研究,简要探讨了飞机复合材料构件工程数据库的基本构架,形成了以设计技术数据子库、制造技术数据库及检测与试验技术数据子库为基础,以产品数据、相关知识管理为主线,围绕产品生命周期展开的飞机复合材料构件工程数据库体系,建立了复合材料构件工程数据存储、访问和处理的统一服务平台,提高数据维护、数据转换与集成效率,保证数据同步和协调,满足数据项的可追溯性要求。开发出的原型系统已应用于某型号飞机复合材料构件数字化生产线中,实现对复合材料构件工程领域数据进行总结、抽取、挖掘和知识化管理。

本刊共有参考文献4篇,因篇幅所限未能一一列出,如有需要请向本刊编辑部索取。

(责编 深蓝)